

Was Kontrast ist und wie man ihn bestimmt

Grundlagen – Die Charakteristik- Kurve

Das geeignete Mittel zur Beurteilung des Kontrastverhaltens des visuellen Systems und der photographischen Bildträger ist die **Charakteristik-Kurve**. Im speziell photographischen Bereich wird sie auch als **Dichtekurve** oder, nach den Begründern der modernen Sensitometrie, **Hurter-Driffield-Kurve (HD-Kurve)** bezeichnet. Ferdinand Hurter und Vero Charles Driffield befassten sich in den 1870er Jahren als erste mit dem

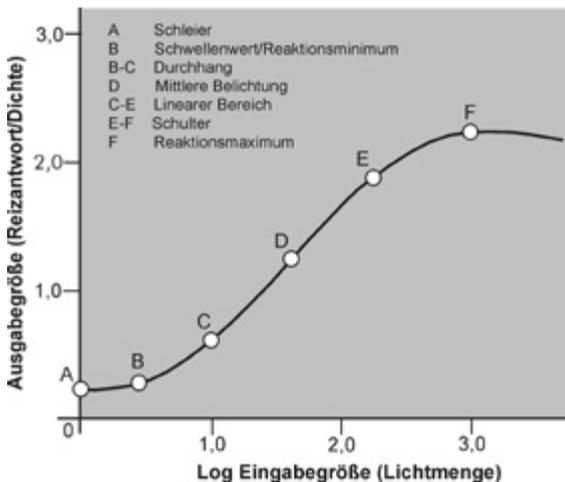


Abb. 6: Allgemeine Charakteristik-Kurve

Verhalten lichtempfindlicher Materialien.

Die Charakteristik-Kurve gibt die Lichtmenge auf der x-Achse in logarithmischen Schritten mit der Basis 10 an, die daraus resultierende Dichte (die in sich logarithmische Werte sind, siehe unten) auf der y-Achse aber linear darstellt. Damit verzehnfacht sich die Lichtmenge von einem Zahlenwert zum anderen bzw. nimmt um den Faktor 10 ab, so daß ein weiterer Helligkeitsbereich übersichtlich abgebildet werden kann, während das weniger große Spektrum der Reizantworten/Dichtewerte nicht auf ein zu schlecht zu differenzierendes Maß komprimiert wird.

Abb. 6 zeigt eine typische Charakteristik-Kurve. An der **x-Achse** finden wir die Eingabegröße. In der Photographie nutzt man als Eingabegröße der Lichtmenge in der Regel den Logarithmus der Belichtungszeit in Luxsekunden (Beleuchtungsstärke in Lux mal Belichtungszeit in Sekunden). Die direkten Werte erhält man, wenn man 10 mit diesen Zahlen potenziert. Die Zahl 0 bedeutet 10, denn $10^0 (=10*0)$ ist 10. Die Zahl 1 steht für 100 ($10^1=100$), 2 steht für 1000 ($10^2=1000$) usw. Für die durchaus auch vorkommenden negativen Exponenten ergibt sich: $10^{-1} = 1$, $10^{-2} = 0,1$, $10^{-3} = 0,01$. Ein Schritt um 0,3 nach rechts bedeutet eine Verdop-

pelung der Lichtmenge, denn $10^{0,3} = 2$. In Wahrnehmungsexperimenten steht der Logarithmus der Intensität entlang der x-Achse.

Die Zahlen auf der senkrechten **y-Achse** stellen die dem Eingabewert entsprechende Ausgabegröße dar. In der Photographie ist dies die Dichte des Bildträgers. Die Dichte ist ein Maß für die Lichtundurchlässigkeit des Films. Sie ist größer, wenn weniger Licht hindurch geht. Zu ihrer Bestimmung schickt man Licht durch das Negativ und misst die Lichtmenge bevor das Licht durch das Negativ geht und die Lichtmenge, die das Negativ passiert hat. Das Verhältnis der eingestrahelten Lichtmenge zur durchgelassenen Lichtmenge wird als Opazität bezeichnet. Lässt eine Negativstelle 1/100 des Lichts hindurch, ist die eingestrahelte Menge 100 mal so groß wie die durchgelassene Lichtmenge und die Opazität 100. Die Dichte ist der Zehnerlogarithmus der Opazität. Der Dichtewert 1 besagt der Film lässt 1/100 der Lichtmenge hindurch, denn die Opazität ist 100 und der Zehnerlogarithmus von 100 ist 2 ($10^1=100$). Der Wert „3“ beschreibt ein ziemlich dunkles Negativstück, denn vom eingestrahelten Licht wird nur der zehntausendste Teil hindurchgelassen ($10^3=10\ 000$). In Bezug auf das visuelle System ist entlang der y-Achse das Maß der Rezeptorantwort

als relative Reizantwort angegeben.

Der **Punkt A** repräsentiert die **Grunddichte**, welche durch den Entwickler entsteht, der selbst an nicht belichteten Filmstellen eine geringe Menge Silber erzeugt. Dort ist der Film dann ganz leicht geschwärzt und lässt nicht alles Licht durch.

Steigt die Belichtung weiter an, geschieht zunächst nichts, bis der Schwellenwert im Punkt B erreicht ist. Erst jetzt ist die Belichtung stark genug, damit in den Silberhalogenid-Körnern erste Belichtungskeime entstehen können. Der Wert des Punktes B dient auch zur Bestimmung der Filmempfindlichkeit. Je weiter links er auf der Skala liegt, umso empfindlicher ist das Material. Der Film reagiert nun immer besser, wengleich auch unproportional, auf die weiter ansteigende Belichtung. Der daraus resultierende **Durchhang** wird auch als **Unterbelichtung** bezeichnet.

Nur zwischen den Punkten C und E beschreibt die Kurve eine annähernde Gerade und übersetzt eine konstante Erhöhung der Belichtung in eine proportionale Steigerung der Dichte. Deshalb nennen wir diese Strecke den **linearen Bereich**. Nur in diesem Teil werden die Helligkeitsdifferenzen des Motivs optimal in Dichtedifferenzen (Tonwerte) umgesetzt. Der **Streckenabschnitt C-E** wird deswegen auch

Was Kontrast ist und wie man ihn bestimmt

als **Bereich der richtigen Belichtung** bezeichnet. Hinter dem Punkt E flacht die Schwärzungskurve dann in wieder ab und gelangt in den Bereich der Überbelichtung, in dem normalerweise die Lichter einer Aufnahme zu liegen kommen.

Der **Punkt F** markiert das **Dichtemaximum**, nach dem eine weiter gesteigerte Belichtung den Film nicht mehr stärker schwärzt.

Der **Streckenabschnitt zwischen E und F** wird auch als **Schulter** bezeichnet.

Die Leuchtdichte L beschreibt das von einer Fläche ausgehende Licht. Dabei kann sowohl die Fläche selbst leuchten als auch Licht reflektieren. Die Leuchtdichte ist definiert als das Verhältnis der Lichtstärke und der auf die Ebene senkrecht zur Ausstrahlungsrichtung projizierten Fläche und wird in Candela pro Quadratmeter (cd/m^2) angegeben.

Sowohl in der Schulter als auch im Durchhang werden unterschiedliche Motivhelligkeiten weniger verschieden als in Wirklichkeit wiedergegeben. Doppelt so helle Motivstellen in Schulter und Durchhang erscheinen auf dem

entwickelten Bild weniger als doppelt so hell. Da das Bild eines Farbfilms nicht aus Silber, sondern aus Farbstoffen besteht, die noch dazu unterschiedlich auf eine Belichtung reagieren können, gibt es im Farbbereich streng genommen keine einzelne Dichtekurve, sondern drei **Farbdichtekurven**.

Grundlagen – Kontrastmaße

Der Gammawert

Der **Gammawert** γ ist das am längsten verwendete Maß zur Kontrastbeurteilung einer Charakteristik-Kurve. Er gibt den Steigungsgrad des linearen Kurventeils an und daran lässt sich ablesen, wie sehr die Unterschiede verstärkt werden. Der Gammawert ist ein gutes Maß für den entwicklungsabhängigen Negativkontrast, weil der lineare Kurventeil am empfindlichsten auf Entwicklungsänderungen reagiert. Mathematisch definiert sich der Gammawert als Winkelfunktion (Tangens) des Steigungswinkels zwischen dem linearen Kurventeil und der Horizontalen. Alternativ können wir den Gammawert als Verhältnis zwischen zwei Punkten des linearen Teils auf der

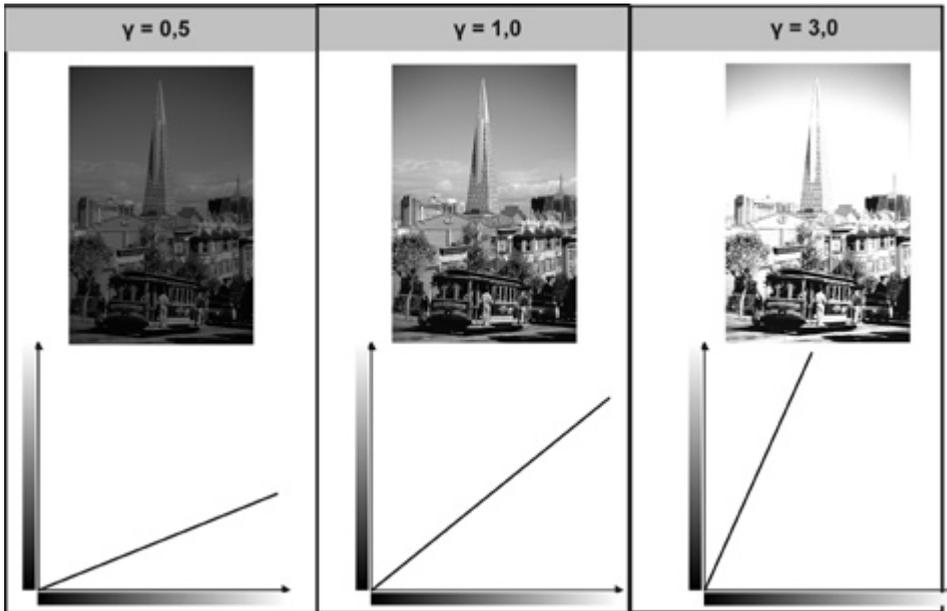


Abb. 7: Vergleich der Auswirkungen unterschiedlicher Gammawerte auf ein Bild

x- bzw. y-Achse bestimmen. Ermittelt wird er nach der Formel:

$$\gamma = \frac{\Delta D}{\Delta \log H}$$

ΔD = Der Dichteunterschied zwischen zwei beliebigen Punkten auf dem linearen Teil der Charakteristik-Kurve

$\Delta \log H$ = Der logarithmische Belichtungsunterschied zwischen den beiden gewählten Punkten

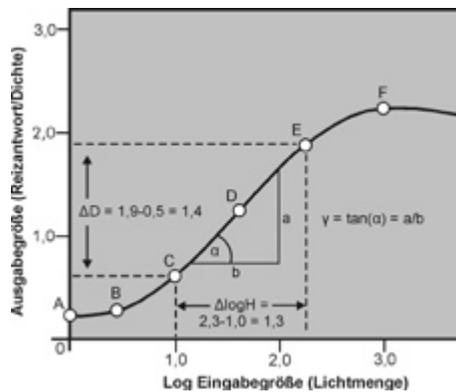


Abb. 8: Ermittlung des Gammawerts

Was Kontrast ist und wie man ihn bestimmt

In unserer Kurve in Abb. 8 liegt der Punkt C am unteren Ende des linearen Bereichs bei 0,5 auf der y-Achse, der Punkt C bei 1,9. Die Differenz beträgt hier $1,9 - 0,5 = 1,4$. Auf der x-Achse ergeben sich dementsprechend 1,0 und 2,3. Die Differenz aus beiden Werten ist $2,3 - 1,0 = 1,3$. Daraus ergibt sich nach der Formel:

$$\text{Gamma} = \frac{\text{Abbildung E} - \text{Abbildung C}}{\text{Vorlage E} - \text{Vorlage C}}$$

$$\text{Gamma} = \frac{1,4}{1,3}$$

$$\text{Gamma} = 1,08$$

Gamma 1,0 entspricht einer Steigung von 45° bei der die Helligkeiten der Vorlage 1:1 abgestuft wiedergegeben werden, eine Art „Nullstellung“ also. Gammawerte von weniger als 1,0 führen zu einer flacheren Kurve und

Gammawert bzw. Gradation sind Ausdruck für die Verstärkung der Helligkeitsunterschiede des Motivs im Film: Je höher der Gammawert, je steiler die Gradation, umso ausgeprägter die Verstärkung und umso ausgeprägter der Unterschied zwischen den Helligkeitswerten im Bild und im Original.

weniger stark ausgeprägten Helligkeitsunterschieden. Solche von mehr als 1,0 ergeben eine steilere Kurve mit großem Kontrast, der dafür aber einen geringeren Helligkeitsbereich abdeckt.

Der Beta-Wert

Der Beta-Wert gibt den **durchschnittlichen Steigungswinkel** (SW_d) einer gedachten Linie zwischen zwei beliebig wählbaren Punkten auf der Charakteristik-Kurve an. Dies ist nützlich, wenn die Kurve keinen oder mehr als einen linearen Teil aufweist und der Gammawert demzufolge nichts Verwertbares ergeben kann. Darüber hinaus ist der durchschnittliche Steigungswinkel aber auch praxisnäher als der Gammawert, denn da die zu seiner Bestimmung genutzten beiden Punkte auch im Durchhang bzw. der Schulter liegen können, führt er zu einem realistischen Kontrastmaß. – Schließlich nutzen wir bei der Belichtung auch nicht nur den linearen Kurventeil!

Man wählt also zwei beliebige Punkte A und B entlang der Charakteristik-Kurve, so wie in Abb. 9 dargestellt, verbindet sie mit einer Geraden und ermittelt den ihnen entsprechenden Dichteunterschied auf der senkrechten Achse bzw. den Belichtungsunterschied auf der Waagerechten. Beide Werte setzt man dann in eine der Gammawert-Berechnung ähnliche Formel ein. Da

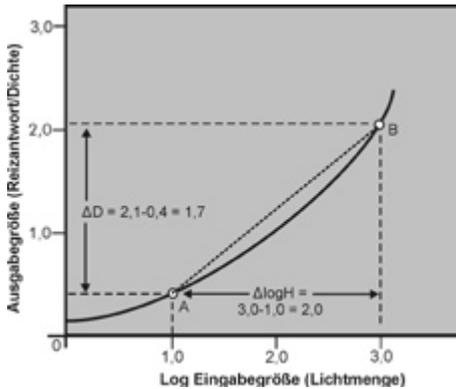


Abb. 9: Ermittlung des durchschnittlichen Steigungswinkels

diese Methode der Kontrastbestimmung unterschiedliche Werte ergibt, je nachdem wie man die Punkte A und B wählt, sollten diese mit dem Wert angegeben werden.

$$SW_d(A-B) = \frac{\Delta D}{\Delta \log H}$$

Für das Beispiel aus der Abbildung ergibt sich so:

$$SW_d = \frac{1,7}{2,0} = 0,85$$

Der Steigungswinkel (SW_d) der gedachten Linie zwischen den Punkte A und B (die durchschnittliche Steigung der Charakteristik-Kurve) beträgt also 0,85.

Der Kontrast-Index

Der **Kontrast-Index** ist eine vom durchschnittlichen Steigungswinkel abgeleitete Methode der Kontrastbestimmung. Seine Weiterentwicklung besteht darin, daß die Kurvensteigung immer über den gesamten nützlichen Bereich angegeben wird. Dazu verwendet man ein Messgerät aus transparentem Kunststoff, das man über die Charakteristik-Kurve legt und so nach rechts oder links verschiebt, bis die Kurve den kleinen Bogen auf der linken Seite bei demselben Wert schneidet, wie den großen Bogen auf der rechten. Dieser Wert ist der Kontrast-Index. Da die Meßgeräte aber schwer zu bekommen sind, muss man sich regelmäßig einer Behelfsmethode bedienen: Wählen Sie zuerst einen Punkt im Kurvendurchhang, der 0,10 Dichtewerte über der Grunddichte liegt. Dann schlagen Sie mit dem Zirkel einen Bogen mit dem Radius 2 log Belichtungsstufen um diesen Punkt (auf der waagerechten Achse abgreifen). Den Punkt im Durchhang verbinden Sie mittels einer Geraden mit jener Stelle, an der der Kreisbogen die Charakteristik-Kurve schneidet. Der Tangens des Steigungswinkels dieser Linie ist eine gute Näherung des Kontrast-Index.

Was Kontrast ist und wie man ihn bestimmt

Grundlagen – Der Dynamikbereich

Der **Dynamikbereich** gibt den logarithmischen Belichtungsbereich an, in dem der Bildträger die Belichtung in ausreichend getrennte Dichtewerte umsetzen kann. Seine Größe hängt davon ab, welche minimale Steigung der Charakteristik-Kurve man dazu voraussetzt. Denn mit zunehmender oder abnehmender Belichtung wandern die Tonwerte weiter in den Durchhang bzw. in die Schulter der Kurve und erreichen irgendwann einen Punkt, an dem diese nahezu flach verläuft und sich feine Details folgerichtig nicht mehr voneinander unterscheiden.

Die geringste notwendige Kurvensteigung finden wir im Durchhang am **Minimalpunkt**. Der Punkt wird standardmäßig dort verortet, wo die Kurvensteigung nicht weniger als 0,20 beträgt. Da diese Steigung nicht an einem Punkt bestimmt werden kann, bezieht sich der Wert von 0,20 praktisch auf eine Tangente, die die Kurve im Durchhang gerade berührt. Bei den meisten üblichen Filmen fällt dieser Tangentialpunkt auf einen Dichtewert von mindestens 0,10 über der Grunddichte.

Die Minimalsteigung von 0,20 und die Ermittlung mittels Tangente gilt ebenso für den **Maximalpunkt** in der Schulter. Aber da die Ausformung dieses Kurventeils sehr stark von der Art und Dauer der Entwicklung abhängt, ist eine generelle Aussage als Anhaltspunkt hier nicht möglich.

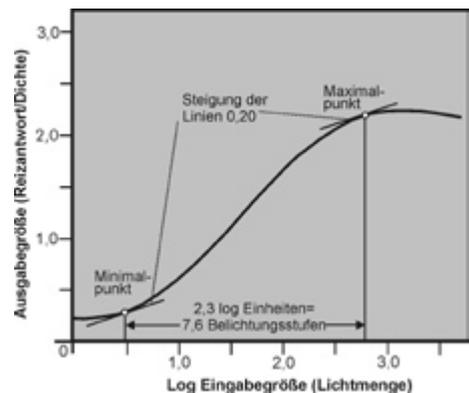


Abb. 10: Definition und Ermittlung des Dynamikbereichs

Zwischen Minimal- und Maximalpunkt spannt sich der Dynamikbereich entlang der waagerechten Belichtungsachse in \log_{10} Stufen (Berechnung in Belichtungsstufen = Division durch 0,3, denn der Logarithmus von 2 [die Verdoppelung der Lichtmenge, eine Belichtungsstufe Unterschied] ist gleich 0,3). So lange die Tonwerte des Motivs in diesem Bereich platziert

werden, wird das Bild ausreichende Detailzeichnung in allen Bereich aufweisen. Ist der Belichtungsumfang des Motivs dagegen größer als der Dynamikbereich des Bildträgers, so werden zwangsläufig entweder die Schatten oder die Lichte keine ausreichende Detailzeichnung mehr aufweisen.